

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-240948
(P2001-240948A)

(43) 公開日 平成13年9月4日(2001.9.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 4	C 2 2 C 38/00	3 0 4 3 G 0 1 6
B 2 2 F 5/00		B 2 2 F 5/00	S 3 J 0 3 0
C 2 2 C 38/56		C 2 2 C 38/56	4 K 0 1 8
F 0 1 L 1/04		F 0 1 L 1/04	G
F 1 6 H 53/02		F 1 6 H 53/02	Z
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-56005(P2000-56005)

(22) 出願日 平成12年2月28日(2000.2.28)

(71) 出願人 390022806

日本ピストンリング株式会社
埼玉県さいたま市本町東五丁目12番10号

(72) 発明者 小川 永司

栃木県下都賀郡野木町野木1111番地 日本
ピストンリング株式会社栃木工場内

(72) 発明者 桑原 岳

栃木県下都賀郡野木町野木1111番地 日本
ピストンリング株式会社栃木工場内

(74) 代理人 100083839

弁理士 石川 泰男

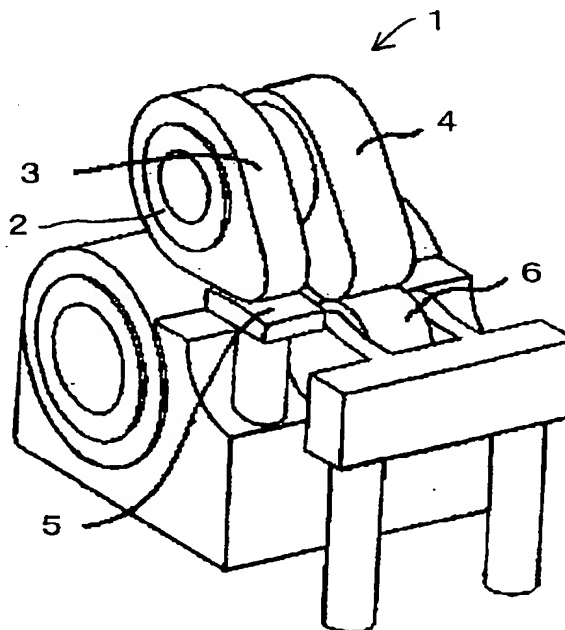
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カムシャフト

(57) 【要約】

【課題】 相手部材との接触態様が異なる複数のカムを、その接触態様に応じた特性を有する焼結合金で形成すると共に、極めて効率的に製造可能なカムシャフトを提供する。

【解決手段】 対応する相手部材5、6にすべり接触する第一のカム3と転がり接触する第二のカム4を有するカムシャフトにおいて、第一のカム3が、バーライトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金からなり、第二のカム4が、マルテンサイトとベイナイトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐ビッチング性焼結合金からなるカムシャフトによって、上記課題を解決する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 相手部材との接触形態が異なる複数のカムを備え、対応する相手部材にすべり接触する第一のカムと転がり接触する第二のカムを有するカムシャフトにおいて、

前記第一のカムは、バーライトを主体とする基地組織中に炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金からなり、

前記第二のカムは、マルテンサイトとベイナイトを主体とする基地組織中に炭化物が析出した耐ビッチング性焼結合金からなることを特徴とするカムシャフト。

【請求項2】 前記耐摩耗性焼結合金が、C：1.5～4.2質量%、Cr：2.0～24.0質量%、Mo：0.5～3.0質量%、Si：0.2～1.0質量%、P：0.2～1.0質量%、Ni：0～1.0質量%、残部：Feおよび不可避不純物を有し、

前記耐ビッチング性焼結合金が、C：1.5～4.2質量%、Cr：2.0～24.0質量%、Mo：0.5～3.0質量%、Si：0.2～1.0質量%、P：0.2～1.0質量%、Ni：1.0～2.5質量%、残部：Feおよび不可避不純物を有し、

当該耐摩耗性焼結合金からなる第一のカムおよび当該耐ビッチング性焼結合金からなる第二のカムが、拡散接合法によってシャフトに接合されることを特徴とする請求項1に記載のカムシャフト。

【請求項3】 相手部材との接触形態が異なる複数のカムを備え、対応する相手部材にすべり接触する第一のカムと転がり接触する第二のカムを有するカムシャフトにおいて、

前記第一のカムは、バーライトを主体とする基地組織中に炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金からなり、

前記第二のカムは、焼き入れ焼き戻し処理された耐ビッチング性鋼からなることを特徴とするカムシャフト。

【請求項4】 前記耐摩耗性焼結合金が、C：1.5～4.2質量%、Cr：2.0～24.0質量%、Mo：0.5～3.0質量%、Si：0.2～1.0質量%、P：0.2～1.0質量%、Ni：0～1.0質量%、残部：Feおよび不可避不純物を有し、

当該耐摩耗性焼結合金からなる第一のカムおよび前記耐ビッチング性鋼からなる第二のカムが、圧入嵌合法によってシャフトに接合されることを特徴とする請求項3に記載のカムシャフト。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関に採用されるカムシャフトに関し、更に詳しくは、スリッパフォロワとローラーフォロワとを相手部材とするカムシャフトのように、相手部材との接触態様が異なる複数のカムを、その接触態様に応じた特性を有する焼結合金で形成すると共に、それらのカムを一度に焼結し且つカム軸に拡散焼結することができるカムシャフトに関するもので

ある。

【0002】

【従来の技術】従来の内燃機関用のカムシャフトとしては、チル鉄製のカムシャフト、鍛造加工もしくは総切削加工によって形成された鋼製のカムシャフト、または焼結合金製のカムをカム軸に接合した組立型のカムシャフト等がある。さらに、製造されたカムシャフトには、必要に応じ、耐摩耗性の向上や強度の向上を目的とした表面処理や熱処理が施され、全体として特定の性質が付与されている。こうしたカムシャフトは、通常、同一種類の動作態様からなるカムフォロワを相手部材としたものであり、例えばすべり接触タイプのロッカーアームやタベット、または、転がり接触タイプのロッカーアームやタベット、を対象としたものである。

【0003】このような従来のカムシャフトが、図2に示すような異なる種類の動作態様からなるカムフォロワ（例えばすべり接触タイプのスリッパフォロワ5や転がり接触タイプのローラーフォロワ6）を有するロッカーアームを相手部材として使用される場合には、相手部材とカムシャフト1に装着されたカム3、4との接触態様がそれぞれ異なるので、カムシャフト1の耐久性や信頼性の維持が図れないおそれがある。

【0004】すなわち、スリッパフォロワ5を相手部材とするカム3は、相手部材との摺動により接触表面が高温でのすべり摺動となることから、すべり接触に耐えることができる耐スカuffing性（すべり摩擦による焼付摩耗が起こりにくい性質）が要求される。一方、ローラーフォロワ6を相手部材とするカム4は、相手部材に接触する面の曲率が小さく、その接触面は高面圧下で転がり摺動することから、転がり接触に耐えることができる耐ビッチング性（転がり疲労に基づく表面損傷が起こりにくい性質）が要求される。しかしながら、従来型のカムシャフトでは、そうした要求を同時に満足させることができなかった。

【0005】こうした問題に対して、相手部材との接触形態が異なる複数のカムを備える組立式焼結カムシャフトがある。このカムシャフトは、相手部材に転がり接触する焼結合金製のカムと、相手部材にすべり接触する焼結合金製のカムとを備えるものである。具体的には、相手部材に転がり接触するカムは、多量の析出炭化物を有し、基地をマルテンサイト組織によって強化した焼結合金で形成され、高い疲労強度を有するものであり、相手部材にすべり接触するカムは、前記と同じ材料からなる焼結合金の接触部分に、運転時の初期なじみ性を持たせる目的で水蒸気処理を施して形成され、初期スカuffingの抑制と耐摩耗性を持たせたものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の組立式焼結カムシャフトは、相手部材にすべり接触および転がり接触する両方のカムに、同じ焼結合金を使用し

ているのでその点では効率的な生産とコストダウンを図れるものの、拡散接合法または機械的な圧入嵌合法によって各々のカムをカム軸に接合した後に水蒸気処理工程を経て製造されるため、各々のカムが接合された長いカムシャフトを水蒸気処理炉に投入しなければならない。そのため、一回の処理に投入できるカムシャフトの本数が制限され、コストアップの原因になるという問題がある。しかも、投入されるカムシャフトは、既に所定の寸法に研削されたものであるため、水蒸気処理後に曲がり（歪み）が発生しやすく、その曲がりを修正する後工程がさらに必要になるといった問題もある。さらに、相手部材に転がり接触するカムの表面に水蒸気処理膜が形成されると、耐ピッチング性に悪影響を及ぼすため、上記の水蒸気処理前にマスキングする工程や、水蒸気処理後にラッピングや研削加工によって水蒸気処理膜を削り落とす工程を加える必要がある。

【0007】本発明は、上記問題を解決すべくなされたものであって、内燃機関に採用されるカムシャフトにおいて、相手部材との接触態様が異なる複数のカムを、その接触態様に応じた特性を有する焼結合金で形成すると共に、極めて効率的に製造することができるカムシャフトに関するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1のカムシャフトは、相手部材との接触形態が異なる複数のカムを備え、対応する相手部材にすべり接触する第一のカムと転がり接触する第二のカムを有するカムシャフトにおいて、前記第一のカムは、パーライトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金からなり、前記第二のカムは、マルテンサイトとベイナイトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐ピッチング性焼結合金からなることに特徴を有する。

【0009】この発明によれば、対応する相手部材にすべり接触する第一のカムが、パーライトを主体とした基地組織の焼結合金から形成されるので、相手部材との間で初期なじみとすべり性がよく、耐スカuffing性に優れている。しかも、その焼結合金の基地組織中には微細な炭化物が析出しているため、相手攻撃性を抑えつつ、優れた耐摩耗性を発揮する。また、対応する相手部材に転がり接触する第二のカムが、マルテンサイトとベイナイトを主体とした基地組織の焼結合金から形成され、しかも、その焼結合金の基地組織中には微細な炭化物が析出しているため、優れた耐摩耗性と耐ピッチング性を発揮し、転がり疲労に基づく表面損傷が極めて起こり難い。従って、本発明のカムシャフトは、相手部材との接触態様に応じた特性を有する焼結合金によって各々のカムが形成されているので、その耐久性と信頼性をより一層向上させることができる。さらに、すべり接触する第一のカムには、従来のような水蒸気処理が不要となるので、効率的に製造できると共に、曲がりの

発生等の問題も生じない。

【0010】請求項2の発明は、請求項1に記載のカムシャフトにおいて、前記耐摩耗性焼結合金が、C：1.5～4.2質量%、Cr：2.0～24.0質量%、Mo：0.5～3.0質量%、Si：0.2～1.0質量%、P：0.2～1.0質量%、Ni：0～1.0質量%、残部：Feおよび不可避不純物を有し、前記耐ピッチング性焼結合金が、C：1.5～4.2質量%、Cr：2.0～24.0質量%、Mo：0.5～3.0質量%、Si：0.2～1.0質量%、P：0.2～1.0質量%、Ni：1.0～2.5質量%、残部：Feおよび不可避不純物を有し、当該耐摩耗性焼結合金からなる第一のカムおよび当該耐ピッチング性焼結合金からなる第二のカムが、拡散接合法によってシャフトに接合されることに特徴を有する。

【0011】この発明によれば、上記範囲内の成分組成を有する各焼結合金は、同じ温度で焼結することができるので、各カムを同一工程で同時に焼結できる。その結果、カムシャフトを極めて効率的に製造することができる。また、基地組織に影響するNi含有量が、第一のカム用の耐摩耗性焼結合金では0～1.0質量%であり、第二のカム用の耐ピッチング性焼結合金では1.0～2.5質量%であるので、各カムに必要とされる特性を発揮する基地組織を発現させることができる。さらに、本発明においては、対応する相手部材にすべり接触する第一のカムと転がり接触する第二のカムを、拡散接合法によって同時に接合するので、カム軸に強固に且つ製造効率よく接合することができる。しかも、上述の各カムは、同じ温度で同時に焼結できることから、焼結と拡散接合を同じ温度で同時に行うことができる。その結果、カムシャフトをより一層効率的に製造することができる。

【0012】請求項3のカムシャフトは、相手部材との接触形態が異なる複数のカムを備え、対応する相手部材にすべり接触する第一のカムと転がり接触する第二のカムを有するカムシャフトにおいて、前記第一のカムは、パーライトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金からなり、前記第二のカムは、焼き入れ焼き戻し処理された耐ピッチング性鋼からなることに特徴を有する。

【0013】この発明によれば、パーライトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金からなる第一のカムと、焼き入れ焼き戻し処理された耐ピッチング性鋼からなる第二のカムは、相手部材との接触態様に応じた特性を有する焼結合金と鋼とによってそれぞれ形成されているので、その耐久性と信頼性をより一層向上させることができる。さらに、すべり接触する第一のカムには、従来のような水蒸気処理が不要となるので、効率的に製造できると共に、曲がりの発生等の問題も生じない。

【0014】請求項4の発明は、請求項3に記載のカムシャフトにおいて、前記耐摩耗性焼結合金が、C：1.5～4.2質量%、Cr：2.0～24.0質量%、Mo：0.5～3.0質量%、Si：0.2～1.0質量%、P：0.2～1.0質量%、Ni：0～1.0質量%、残部：Feおよび不可避不純物を有し、当該耐摩耗性焼結合金からなる第一のカムおよび前記耐摩耗性鋼からなる第二のカムが、圧入嵌合法によってシャフトに接合されることに特徴を有する。

【0015】この発明によれば、何れのカムも引張り強度等の機械的特性に優れているので、それらのカムをシャフト（カム軸）に強固に機械的接合（圧入嵌合）したカムシャフトを製造することができる。そのため、従来の機械的強度が比較的小さいチル鑄鉄製カムを用いた場合に、そのカムをカム軸に強固に機械的接合することができないという問題を起こすことがなく、運転中のカムのずれや割れのおそれがない。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明のカムシャフトを図面を参照しつつ説明する。

【0017】図1は、本発明のカムシャフト1の全体図の一例であり、図2は、本発明のカムシャフト1が備えるカム3、4が相手部材に接触する様子を斜視図であり、図3は、第一のカム用焼結合金の基地組織の一例を示す顕微鏡写真（200倍）であり、図4は、焼結合金中のNi含有量（%）と基地組織中の残留オーステナイト量（%）との関係を示すグラフであり、図5は、第二のカム用焼結合金の基地組織の一例を示す顕微鏡写真（200倍）である。

【0018】本発明のカムシャフト1は、図1と図2に示すように、相手部材5、6との接触形態が異なる複数のカム3、4をカム軸2に備えるものであり、対応する相手部材5にすべり接触する第一のカム3と、対応する相手部材6に転がり接触する第二のカム4とを有している。第一のカム3と第二のカム4は、カム軸2に拡散接合法または機械的な圧入嵌合法によって接合される。さらに、必要に応じてエンドピースやジャーナルピースが設けられる。カムは、相手部材との接触態様毎に、その接触態様に応じた特性を有する材料によって形成され、相手部材のリフト量や作用角が異なるように適宜設計されてカムシャフト1に装着される。接触態様としては、図2に示すように、スリッパフォロワ5へのすべり接触と、ローラーフォロワ6への転がり接触がある。

【0019】本発明の第一の特徴は、第一のカム3を、バーライトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金で形成し、第二のカム4を、マルテンサイトとベイナイトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金で形成したことにある。本発明においては、焼結合金の基地組織がNi含有量に大きく影響されることに着目し、そのNi

i含有量を変化させて焼結後の基地組織をバーライト主体の基地組織やマルテンサイトとベイナイト主体の基地組織に変化させている。そして、得られる焼結合金の特性を、すべり接触する第一のカムに好ましい特性にしたり、転がり接触する第二のカムに好ましい特性にしたことに特徴がある。その結果、接触態様に応じた特性を有するカム3、4を備えることによって、耐久性と信頼性がより一層向上したカムシャフト1とすることができ、さらに、すべり接触する第一のカム3には、従来のような水蒸気処理が不要となるので、曲がりの発生等の問題もなく、効率的にカムシャフトを製造することができるという効果を発揮する。

【0020】本発明の第二の特徴は、第一のカム3と第二のカム4の焼結と、カム軸2への拡散焼結に基づく接合とを、同じ温度で同時に行うことができることにある。その結果、カム軸に強固に且つ極めて製造効率よくカムシャフトを製造することができるという効果を発揮する。

【0021】（1）第一のカム

20 第一のカム3は、すべり接触する相手部材との間で、良好な初期なじみとすべり性を有し、優れた耐スカuffing性（対応するスリッパフォロワ5にすべり接触しても、すべり摩擦による焼付摩耗が極めて起こり難い特性）を発揮するように、バーライトを主体とした基地組織中に微細な析出炭化物を含有する耐摩耗性焼結合金からなるものである。

【0022】耐摩耗性焼結合金の成分組成は、C（炭素）：1.5～4.2質量%、Cr（クロム）：2.0～24.0質量%、Mo（モリブデン）：0.5～3.0質量%、Si（ケイ素）：0.2～1.0質量%、P（リン）：0.2～1.0質量%、Ni（ニッケル）：0～1.0質量%、残部：Fe（鉄）および不可避不純物である。

【0023】耐摩耗性焼結合金の基地組織は、図3に示すように、すべり性のよいバーライトを主体とする基地組織31に、Cr炭化物やCr-Fe-Mo-P複合炭化物等の炭化物32が析出した態様である。さらに、その基地組織31の有する残留オーステナイトの割合（残留オーステナイト量）は10%以下である。こうした耐摩耗性焼結合金は、相手部材とすべり接触する際に、初期スカuffの抑制と優れた初期なじみ性を発揮すると共に、相手攻撃性の抑制と優れた耐摩耗性を発揮することができる。また、その基地組織31には、熱伝導性の悪い残留オーステナイトがあまり残存しないので、残留オーステナイトを要因とした耐スカuffing性の低下が抑制される。

【0024】第一のカム3においては、焼結合金中のNi含有量を0～1.0質量%とすることによって、基地組織31中の残留オーステナイト量を抑制している。図4は、焼結合金中のNi含有量（質量%）と基地組織中

の残留オーステナイト量(%)との関係を示すグラフである。図4に示すように、Ni含有量が1.0質量%を超えると、基地組織中の残留オーステナイト量が急激に増加する。こうした残留オーステナイトは、耐摩耗性を向上させるには好ましい場合もあるが、耐スカuffing性に対してはあまり好ましくない。例えば、残留オーステナイト量が10%を超えた焼結合金は、鋼材からなる相手部材に対してスカuffの発生が起こり易くなる。Niを添加しない場合であっても、残留オーステナイトの生成を抑制し、優れた耐摩耗性と耐ピッチング性を発揮させることができるので、第一のカム3においては、Ni含有量を0~1.0質量%に限定する。

【0025】次に、耐摩耗性焼結合金が含有するNi以外の各成分元素を上記範囲に限定した理由を以下に説明する。

【0026】Cは、高硬度の微細炭化物を形成して十分な摩耗特性と耐スカuffing性を発揮させるために1.5質量%含有することが好ましい。しかし、C含有量が4.2質量%を超えると、粗大な炭化物(主にCr炭化物)が焼結合金中で形成され、その粗大な炭化物が液相焼結中に粗大な空孔を生じさせて基地組織を脆化させる。このため、C含有量を1.5~4.2質量%に限定する。また、耐摩耗性焼結合金を、高負荷・高面圧下で使用する場合には、C含有量を2.0~4.2質量%と高めに設定すると同時に、Cr含有量を12.0~24.0質量%と高めに設定することが好ましい。

【0027】Crは、相手部材の機械的特性等に合わせ、2.0~24.0質量%の範囲で調整される。しかし、Cr含有量が24.0質量%を超えると、Cr炭化物を微細化させる度合いが小さくなり、硬さも過大になる。Cr含有量が2.0質量%未満では、Cr炭化物がやや粗大になってくるので、高硬度の微細炭化物を十分に析出させることができず、十分な耐摩耗性および耐スカuffing性を有さない。このため、Cr含有量を2.0~24.0質量%に限定する。また、高負荷・高面圧下で使用する場合には、C含有量との関係において、上述の範囲とすることが好ましい。

【0028】Moは、基地に固溶して硬度を高め、耐摩耗性を向上させる目的で添加される。しかし、この効果は、Mo含有量が3.0質量%を超えてもほとんど変化しない。Mo含有量が0.5質量%未満では、こうした効果を十分に発揮できない。このため、Mo含有量を0.5~3.0質量%に限定する。なお、この範囲内のMoは、残留オーステナイト量に影響を及ぼさない。

【0029】Siは、CおよびP含有量を低くした際に液相の生成を促進させる成分であるが、Si含有量が0.2質量%未満では液相促進の効果が得られない。また、Siは、粉末製造時の脱酸素剤として添加するため、多少残存する。管理可能範囲として、0.2質量%を下限值とした。一方、Si含有量が1.0質量%を超

えると、基地が脆化するほか、粉末の圧粉成形性が低下し、焼結後の焼結合金の変形が大きくなる。このため、Si含有量を0.2~1.0質量%に限定する。

【0030】Pは、Fe-C-P共晶のステダイトを生じさせる。ステダイトは硬度が非常に高く、凝固点が950℃前後と低いため液相焼結を促進させる。しかし、P含有量が1.0質量%を超えると、ステダイトが過剰に生じ、被削性が悪くなる。また、0.2質量%未満では、ステダイトの析出量が少なくなると、高い耐摩耗性が得られず、また、液相も生じにくくなる。このため、P含有量を0.2~1.0質量%に限定する。

【0031】上述した以外の成分組成として、Mn、B、V、Ti、Nb、Wの中の種類以上を必要に応じて適量添加することができる。これらの元素を添加する目的は、液相焼結時における液相の発生と炭化物の形成を促進させることにあるが、その添加量は相手部材の硬度を考慮して0.1~5.0質量%の範囲内で適宜適量を添加することが望ましい。さらに、300ppm以下のCaを、加工性の改善を目的として添加することができる。また、1.0質量%以下のMnの添加は基地強化に効果があるが、Mn含有量が1.0質量%を超えると、焼結の進行が抑制されるため、粗大な空孔が残って圧粉成形性や焼結性が低下する。

【0032】次に、耐摩耗性焼結合金からなる第一のカムの製造方法について説明する。

【0033】第一のカム3は、主要成分となる鉄粉または所定の元素を含んだ鉄系合金粉末中に、最終的な成分組成が上記範囲内となるように所定量の各種金属粉末を添加して耐摩耗性焼結合金用粉末を調整し、次いで通常の焼結方法により、まず、その焼結合金用粉末をプレス成形して所定形状からなる圧粉体を形成し、その後、その圧粉体を液相焼結法によって焼結処理することにより製造される。焼結合金用の粉末には、金型成型時の圧粉性と型抜け性を良くするために、ステアリン酸亜鉛等の潤滑剤を添加することが好ましい。液相焼結処理の好ましい処理温度は1100~1200℃であり、更に好ましくは1110~1160℃である。また、この時の焼結時間は60~90分間程度が好ましい。また、必要に応じて焼き戻し処理等を行い、得られる第一のカムの特性を調整することができる。

【0034】第一のカム3の製造に際し、第一のカムの圧粉体を液相焼結する際の収縮と拡散現象によって、第一のカム3とカム軸2とを強固に拡散接合させることができる。具体的には、カム軸と、焼結合金からなるカムとを組み付けるカムシャフトの場合、液相焼結時に、第一のカム3の高密度焼結処理と、第一のカム3をカム軸2に拡散接合させる接合処理とを同時に行って、強固にカムシャフトに接合させることができる。

【0035】(2) 第二のカム

第二のカム4は、転がり接触する相手部材との間で、転

がり疲労に基づく表面損傷が極めて起こり難い性質（優れた耐ビッチング性）と、優れた耐摩耗性を発揮する材料で形成される。本発明においては、耐ビッチング性焼結合金、または焼き入れ焼き戻し処理された耐ビッチング性鋼を好ましく用いることができる。

【0036】まず、耐ビッチング性焼結合金製の第二のカムについて説明する。

【0037】第二のカム4を形成するための耐ビッチング性焼結合金は、マルテンサイトとベイナイトを主体とした基地組織中に微細な析出炭化物を含有する耐ビッチング性焼結合金からなるものである。その成分組成は、C：1.5～4.2質量%、Cr：2.0～24.0質量%、Mo：0.5～3.0質量%、Si：0.2～1.0質量%、P：0.2～1.0質量%、Ni：1.0～2.5質量%、残部：Feおよび不可避不純物である。

【0038】耐ビッチング性焼結合金の基地組織は、図5に示すように、その基地組織41中に多くのCr炭化物42やCr-Fe-Mo-P複合炭化物43等の析出炭化物を有し、基地組織41も、マルテンサイト-ベイナイト-残留オーステナイトからなる基地組織によって強化されているので、高強度・高靱性で高い耐摩耗性を有し、優れた耐ビッチング性を有している。なお、基地組織がパーライト-ベイナイト-残留オーステナイトからなる焼結合金も同様の特性を有し、第二のカムとして好ましく用いることができる。

【0039】焼結合金製の第二のカム4は、Ni含有量が1.0～2.5質量%である点のみが第一のカムと異なるだけである。この範囲のNi含有量を有する焼結合金は、図5に示すような基地組織に変化させると共に、図4に示すように、基地組織中に多くの残留オーステナイトを有している。そのため、高い靱性と、優れた耐疲労特性・耐摩耗性を発揮することができる。しかし、Ni含有量が2.5質量%を超えてもその効果は変わらない。Ni含有量が1.0質量%未満では、残留オーステナイト量が10%以下となり、転がり接触する第二のカム4に要求される優れた耐疲労特性と耐摩耗特性を十分に満たすことができない。さらに、基地組織もパーライトを主体の組織となるので、転がり接触する第二のカム4に要求される耐ビッチング性を十分に満たすことができない。このため、Ni含有量を1.0～2.5質量%に限定している。

【0040】なお、転がり接触する第二のカム4であっても、耐スカuffing性が全く必要ないというわけではないので、耐スカuffing性をやや向上させたい場合には、Ni含有量をやや低めにし、基地組織のパーライト率の向上と、スカuffの発生要因となる基地組織中の残留オーステナイト量の低減を図ることができる。また、耐ビッチング性をより重視する場合には、Ni含有量をやや高めにし、マルテンサイトとベイナイト主

体の基地組織とし、高い耐ビッチング性を付与することができる。

【0041】耐ビッチング性焼結合金が含有するNi以外の各成分元素の作用、およびその各成分元素を上記範囲内に限定した理由は、上述した第一のカム用の耐摩耗性焼結合金の場合と同じである。さらに、耐ビッチング性焼結合金からなる第二のカムの製造方法についても、上述の焼結合金製の第一のカム3の場合と同じである。

【0042】次に、焼き入れ焼き戻し処理された耐ビッチング性鋼製の第二のカムについて説明する。

【0043】第二のカム4は、S50C（炭素鋼鋼材）、SCr（クロム鋼鋼材）、SCM（クロムモリブデン鋼鋼材）等の焼き入れ焼き戻し処理によって機械的特性、特に耐疲労特性を向上させた鋼で製造することができる。焼き入れ焼き戻し処理の条件は、通常の方法により、得られるカムの特性を考慮しながら適宜条件設定される。得られた第二のカムは、優れた耐ビッチング性を示し、転がり接触タイプのカムとして好ましく使用できる。

【0044】（3）カムシャフトの製造

本発明のカムシャフト1は、図1に示すように、鋼管製のカム軸2に、上述した第一のカム3と第二のカム4が、接触形態が異なる相手部材に応じて所定の位置に所定の作用角となるように接合されてなるものである。カムとカム軸の接合方法は、拡散接合による方法と、機械的な圧入嵌合による方法を好ましく適用できる。

【0045】拡散接合法は、カム軸に、焼結前の圧粉状態の第一のカム用の耐摩耗性焼結合金と、第二のカム用の耐ビッチング性焼結合金とを、所定の位置および角度で装着し、液相焼結法によって各カムを液相焼結しつつ、カム軸に拡散接合する方法である。

【0046】本発明においては、異なる成分組成を有する第一のカム用の耐摩耗性焼結合金と第二のカム用の耐ビッチング性焼結合金とを、同じ温度で焼結でき且つ同じ温度で拡散接合できる点に特徴がある。そのため、各カム自体の焼結とカム軸との間の拡散接合を同じ温度で同時に行うことができるので、極めて効率的にカムシャフトを製造することができる。

【0047】このとき、各々のカムを優れた特性に維持しつつ、同一の温度で焼結・拡散接合させるための最適な条件は、各々のカムの焼結材料の成分組成のうち、CとPとによって調整することができる。具体的には、第一のカム用の耐摩耗性焼結合金成分のCとPの含有量を、第二のカム用の耐ビッチング性焼結合金成分のCとPとの含有量よりも、それぞれ0.1～0.3質量%低くすることによって、焼結・拡散接合を安定且つ品質再現性よく行うことができる。このように、CとPの含有量を調整するのは、それぞれの焼結合金に含有するNi含有量の相違に基づくものである。すなわち、第一のカム用の耐摩耗性焼結合金ではNi含有量が少ないのに対

し、第二のカム用の耐ビッチング性焼結合金ではNi含有量が多くしかも炭化物析出量が多いことから、第二のカム用の耐ビッチング性焼結合金の最適な特性を維持するための焼結温度は若干高くなる傾向にある。そうした各々のカムの最適な特性をできるだけ維持させつつ、焼結温度のずれを一致させるため、本発明においては、CとPの含有量を調整することによって焼結・拡散接合条件の最適化を図っている。例えば、第一のカム用の耐摩耗性焼結合金の成分を、C：2.2質量%、Cr：8.0質量%、Mo：1.0質量%、Si：0.8質量%、Ni：0.3質量%、P：0.3質量%、Fe：残り、とし、第二のカム用の耐ビッチング性焼結合金の成分組成をC：2.4質量%、Cr：12.0質量%、Mo：1.0質量%、Si：0.8質量%、Ni：1.5質量%、P：0.5質量%、Fe：残り、として焼結と拡散接合を同じ温度で行うことができる。

【0048】なお、本発明においては、拡散接合処理した後に水蒸気処理等の耐スカuffing性を付与する表面処理を施す必要がないので、従来よりも効率的且つ低コストでカムシャフトを製造することができる。

【0049】圧入嵌合法は、特開平5-10340号公報に示すような方法でカム軸にカムを接合する方法である。すなわち、転造によって所定の位置に隆起部が形成された鋼管製のカム軸2に、耐摩耗性焼結合金からなる第一のカム3と、耐ビッチング性焼結合金または焼き入れ焼き戻し処理された耐ビッチング性鋼からなる第二のカム4とを、順次、所定の位置に所定の角度で圧入して接合する方法によって、カムシャフトが製造される。耐摩耗性焼結合金からなる第一のカム、耐ビッチング性焼結合金からなる第二のカム、および焼き入れ焼き戻し処理された耐ビッチング性鋼からなる第二のカムは、何れも強化されており、引張り強度や疲労強度に優れるので、より強固に圧入嵌合させることができ、従来のようなカムのずれやカムの割れ等のおそれなく、それらのカムをカム軸に強固に接合できる。

【0050】以上のように、本発明のカムシャフト1は、スリッパフォロワ5とローラーフォロワ6とを相手部材とするカムシャフトのように、相手部材との接触態様が異なる複数のカム3、4を、その接触態様に応じた特性を有する焼結合金ないし鋼によって形成したので、カムシャフト1の耐久性と信頼性をより一層向上させることができると共に、加工性とコスト面においても優れている。

【0051】

【実施例】以下、本発明のカムシャフトを更に具体的に説明する。

【0052】（実施例1）焼結後の成分組成が、C：2.4質量%、Cr：12.0質量%、Mo：1.0質量%、Si：0.8質量%、Ni：1.9質量%、P：0.5質量%、Fe：残り、となるように各元素を鉄粉

中に添加して焼結用粉末を調整した。更に、潤滑剤としてステアリンサン亜鉛を加えて混合した。次いで、5～7t/cm²の面圧でプレス成形して圧粉体を成形した後、鋼管製のカム軸に組み付け、真空炉中で1100～1200℃（平均1160℃）の温度で焼結した後、カム研削盤で仕上げ加工し、実施例1の焼結合金製のカムシャフトを得た。

【0053】（実施例2）焼結後の成分組成が、C：2.6質量%、Cr：8.0質量%、Mo：2.0質量%、Si：0.8質量%、Ni：1.9質量%、P：0.5質量%、Fe：残り、となるように各元素を鉄粉中に添加して焼結用粉末を調整した。その他は、実施例1と同様として実施例2の焼結合金製のカムシャフトを得た。

【0054】（実施例3）焼結後の成分組成が、C：2.0質量%、Cr：4.0質量%、Mo：2.0質量%、Si：0.8質量%、Ni：1.9質量%、P：0.5質量%、Fe：残り、となるように各元素を鉄粉中に添加して焼結用粉末を調整した。その他は、実施例1と同様として実施例3の焼結合金製のカムシャフトを得た。

【0055】（実施例4）焼結後の成分組成が、C：2.4質量%、Cr：12.0質量%、Mo：1.0質量%、Si：0.8質量%、P：0.5質量%、Fe：残り、となるように各元素を鉄粉中に添加して焼結用粉末を調整した。その他は、実施例1と同様として実施例4の焼結合金製のカムシャフトを得た。

【0056】（実施例5）焼結後の成分組成が、C：2.2質量%、Cr：8.0質量%、Mo：2.0質量%、Si：0.8質量%、Ni：0.3質量%、P：0.3質量%、Fe：残り、となるように各元素を鉄粉中に添加して焼結用粉末を調整した。その他は、実施例1と同様として実施例5の焼結合金製のカムシャフトを得た。

【0057】（実施例6）焼結後の成分組成が、C：2.0質量%、Cr：4.0質量%、Mo：1.0質量%、Si：0.8質量%、Ni：1.0質量%、P：0.5質量%、Fe：残り、となるように各元素を鉄粉中に添加して焼結用粉末を調整した。その他は、実施例1と同様として実施例6の焼結合金製のカムシャフトを得た。

【0058】（実施例7）機械的な圧入嵌合法で用いる転がり接触タイプのカムとして、S50C材を高周波焼き入れ焼き戻し処理した後、鋼管製のカム軸に圧入嵌合法で接合し、さらにカム研削盤で仕上げ加工し、表面硬さHv720程度の実施例7の焼き入れ焼き戻し鋼製のカムシャフトを得た。

【0059】（比較例1）成分組成が、C：3.4質量%、Cr：0.8質量%、Mo：2.0質量%、Ni+Cu：2.0質量%、Si：2.0質量%、B：0.4

10

20

30

40

50

質量%、Mn：0.7質量%、Fe：残り、となるように各元素を溶解し、冷やし金を設けた鋳型に流し込んで冷却した後、カム研削盤で仕上げ加工し、比較例1のチル鉄製のカムシャフトを得た。

【0060】(比較例2)実施例1の焼結合金製のカムに、水蒸気処理炉で550～600℃の温度で90分間処理し、比較例2の焼結合金製のカムを得た。

【0061】(評価方法)実施例1～7および比較例1～2で得られたカムシャフトと、各カムの相手部材として、すべり接触型のスリッパフォロワと、転がり接触型のローラーフォロワとをそれぞれ用いた。試験は、ばねの圧縮量を変更することによりカムにかかる負荷(面圧)を自由に調節できるモータリング試験装置を使用した。

【0062】耐スカuffing性は、1000r.p.m.の低速で回転させ、負荷(面圧)を変化させてスカuffingが発生したときの負荷(面圧)を限界面圧として評価した。耐ピッチング性は、3000r.p.m.の高速で回転させ、負荷(面圧)を変化させてピッチングが発生したときの負荷(面圧)を限界面圧として評価した。なお、ピッチングの発生の判断は、ピッチングの発生時に起こる異音のモニタリングおよび摺動表面の観察によった。

【0063】(評価結果)図6は、実施例1～7および比較例2で得られたカムの耐スカuffing性と耐ピッチング性を、比較例1の限界面圧との比較において評価した結果を示すグラフである。なお、図中には、すべり接触する第一のカムに要求される耐スカuffing性と耐ピッチング性の基準、および転がり接触する第二のカムに要求される耐スカuffing性と耐ピッチング性の基準をそれぞれ示した。

【0064】実施例1～3の焼結合金製のカムおよび実施例7の鋼製のカムは、耐スカuffing性と耐ピッチング性に関し、転がり接触する第二のカムに要求される基準を何れも超えていた。特に、耐ピッチング性においては、比較例1に示す従来のカムよりも著しく優れていた。

【0065】実施例4～6の焼結合金製のカムは、耐スカuffing性と耐ピッチング性に関し、すべり接触する第一のカムに要求される基準および比較例1に示す従来のカムの値を何れも超えていた。また、比較例2に示す水蒸気処理されたカムと同程度の特性を示していた。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、第一のカムを、バーライトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金で形成し、第二のカムを、マルテンサイトとベイナイトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐ピッチング性焼結合金で形成したので、接触態様に応じた特性を有するカ

ムを備えることによって、耐久性と信頼性がより一層向上したカムシャフトとすることができ、さらに、すべり接触する第一のカムには、従来のような水蒸気処理が不要となるので、曲がりの発生等の問題もなく、効率的にカムシャフトを製造することができるという効果を発揮する。

【0067】さらに、第一のカムと第二のカムの焼結と、カム軸への拡散焼結に基づく接合とを、同じ温度で同時に行うことができるので、カム軸に強固に且つ極めて製造効率よくカムシャフトを製造することができるという効果を発揮する。

【0068】また、本発明によれば、バーライトを主体とする基地組織中に微細な炭化物が析出した耐摩耗性焼結合金からなる第一のカムと、焼き入れ焼き戻し処理された耐ピッチング性鋼からなる第二のカムは、何れも引張り強度等の機械的特性に優れているので、それらのカムをカム軸に強固に機械的接合(圧入嵌合)したカムシャフトを製造することができる。そのため、従来の機械的強度が比較的小さいチル鉄製カムを用いた場合に、そのカムをカム軸に強固に機械的接合することができないという問題を起こすことがなく、運転中のカムのずれや割れのおそれがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のカムシャフトの全体図の一例である。

【図2】本発明のカムシャフトが備えるカムが相手部材に接触する態様を示す斜視図である。

【図3】第一のカム用焼結合金の基地組織の一例を示す顕微鏡写真である。

【図4】焼結合金中のNi含有量(%)と基地組織中の残留オーステナイト量(%)との関係を示すグラフである。

【図5】第二のカム用焼結合金の基地組織の一例を示す顕微鏡写真である。

【図6】実施例1～7および比較例2で得られたカムの耐スカuffing性と耐ピッチング性を、比較例1の限界面圧との比較において評価した結果を示すグラフである。

【符号の説明】

1 カムシャフト

2 カム軸

3 第一のカム

4 第二のカム

5 スリッパフォロワ

6 ローラーフォロワ

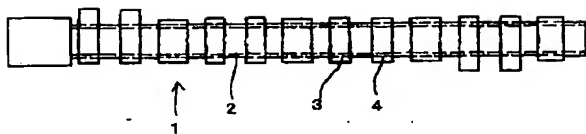
31、41 基地組織

32 炭化物

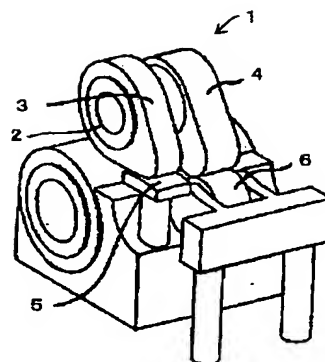
42 Cr炭化物

43 Cr-Fe-Mo-P複合炭化物

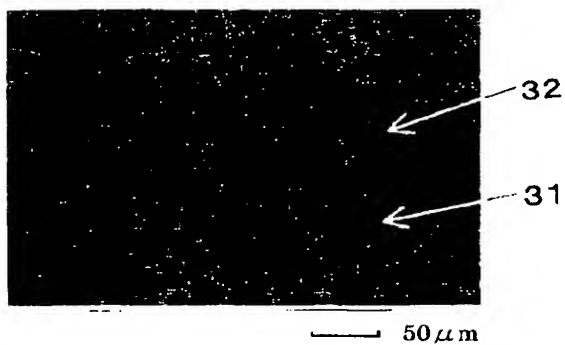
【図1】



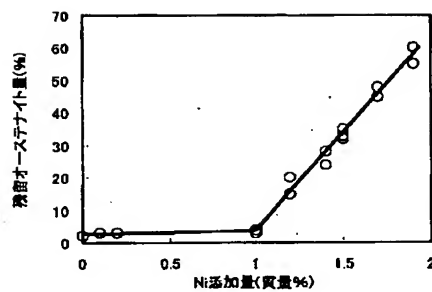
【図2】



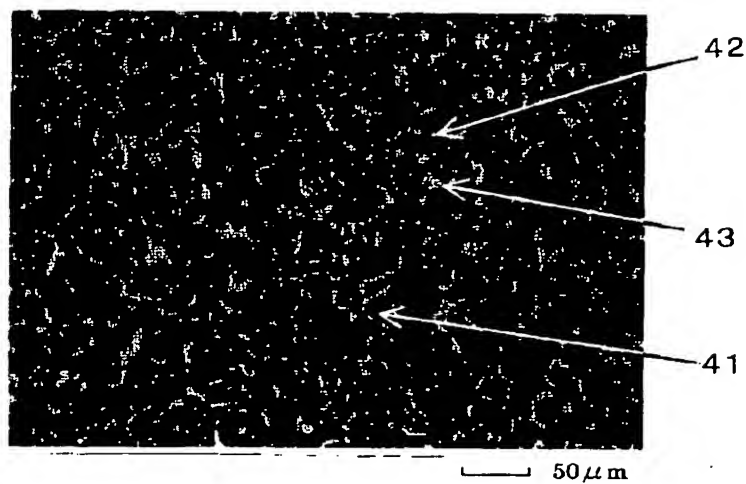
【図3】



【図4】

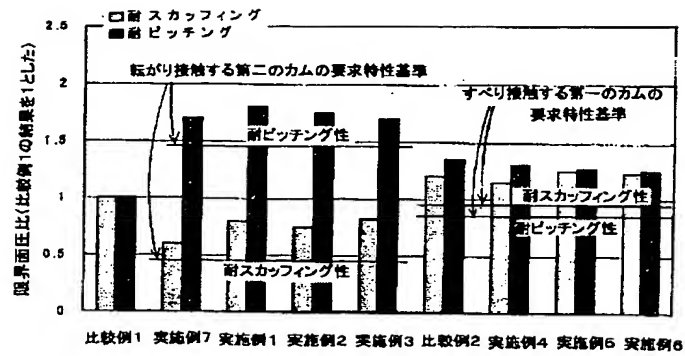


【図5】



BEST AVAILABLE COPY

【図6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3G016 AA19 BA25 BA34 CA52 EA03
 EA10 EA24 FA11 FA13 FA16
 FA17 FA19 FA33 GA02
 3J030 EA01 EA14 EB01 EB09 EC04
 EC07
 4K018 AA32 BA04 BA09 BA14 BA20
 DA13 KA02 KA70